

Desain dan Simulasi *Non-Inverting Buck-Boost* Konverter

Rika Nurul Huda^{1*}

¹Teknik Elektro Industri, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik. Universitas Negeri Padang
Jl. Prof. Dr Hamka, Kampus UNP Air Tawar Padang 25131. Telp/Fax.(0751)7055644,445998,
*e-mail: rika64572@gmail.

(Diajukan: 09 Agustus 2022, direvisi: 5 September 2022, disetujui: 13 September 2022)

Abstrak

Perkembangan teknologi saat ini, banyak aplikasi hardware yang membutuhkan sumber catu daya dc dimana tegangan keluarannya dapat diubah-ubah sesuai kebutuhan pemakaian. Penerapan sistem *buck-boost* konverter sebagai salah satu regulator dc tipe *switch ing* dapat menjawab kebutuhan tersebut dengan mewujudkan sebuah sumber tegangan searah dengan tegangan keluaran variabel. Pada rangkaian *inverting buck-boost* konverter polaritasnya berkebalikan dengan tegangan keluarannya, untuk mengatasinya dan memperbaiki efisiensi maka dapat ditambahkan satu *switch* lagi pada rangkaian *buck-boost* konverter sehingga menjadi rangkaian *non-inverting buck-boost* konverter. Penelitian ini bertujuan untuk mendesain dan membuat rangkaian *non-inverting buck-boost* konverter yang mana *duty cycle* dapat dikendalikan oleh potensiometer dan tegangan yang dihasilkan sesuai dengan perhitungan yang telah dirancang. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dimana kajian teori konverter *buck-boost* dirancang, dibuat dan dilakukan pengujian. Rangkaian *buck-boost* konverter yang telah dirancang dapat bekerja apabila diberi tegangan input 12 volt. Hasil pengujian keseluruhan sistem dengan *duty cycle* 5%-95% pada beban 10 ohm menghasilkan tegangan output dari 0,6 Volt sampai 228 Volt dengan arus maksimal 22,8 Ampere.

Kata Kunci: PWM, *duty cycle*, *buck-boost* konverter

Abstract

The development of technology today, many applications require a dc power supply source where the output voltage can be changed according to usage needs. The application of the buck-boost konverter system as one of the switching-type DC regulators can answer these needs by realizing a voltage source in the direction of the variable output voltage. With the buck-boost konverter system, The output voltage value can be set greater or less than the input voltage value by adjusting the pulse width (Duty cycle) on the PWM generated from programming on the microcontroller so that the voltage regulation process can be carried out more easily. In this study, the design of a non-inverting buck-boost konverter was discussed. The designed buck-boost konverter circuit can work when given an input voltage of 12 volts. The test results of the entire system at load 10 ohms produced an output voltage from 0.6 Volts to 228 Volts with maximal output currents 22,8 Amperes.

Keywords: PWM, *duty cycle*, *buck-boost* converter

PENDAHULUAN

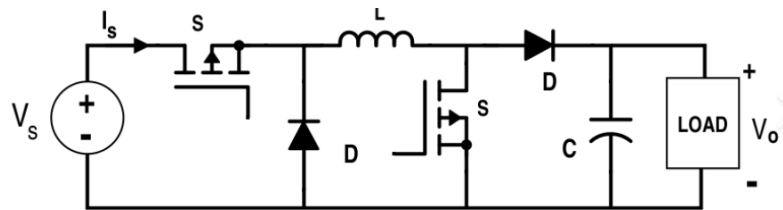
Perkembangan teknologi dan rangkaian elektronika telah mampu menghasilkan sistem penyedia daya tegangan searah (dc), yang dihasilkan melalui konversi tegangan dc masukan ke bentuk tegangan dc keluaran yang lebih tinggi atau lebih rendah. Hingga saat ini, berbagai konfigurasi *dc-dc* konverter telah banyak dikembangkan. Diantaranya jenis *dc-dc* konverter yang tidak memiliki isolasi dielektrik antara tegangan masukan dan tegangan keluaran, atau biasa disebut dengan *non-isolated dc-dc* konverter [1][2]. Sistem *buck-boost* konverter merupakan salah satu regulator dc tipe *switching non-isolated* yang dapat menjawab kebutuhan akan sebuah sumber tegangan searah dengan tegangan keluaran yang variabel. Dengan sistem *buck-boost* konverter, nilai tegangan keluaran dapat diatur lebih besar maupun lebih kecil dari tegangan masukannya dengan mengatur lebar pulsa (*duty cycle*) dari PWM (*Pulse Width Modulation*) [3]. Karena itu, dibandingkan dengan regulator dc tipe pensaklaran lainnya, *buck-boost* konverter memiliki *range* keluaran yang lebih besar. Pembangkit PWM digunakan mikrokontroler yang telah diprogram untuk menghasilkan pwm dengan beberapa besar lebar pulsa dan frekuensi [4][5].

Beberapa penelitian telah dilakukan sebelumnya terkait *buck-boost* konverter, yang pertama yaitu tujuan penelitian *buck-boost* konverter yaitu menstabilkan tegangan pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Input dari tegangan *buck-boost* konverter variable dari 9 volt-27 volt, dan tegangan keluarannya stabil 12 volt. Penelitian lainnya membahas tentang trainer *buck-boost* konverter, namun pada penelitian tersebut rangkaian *buck-boost* konverter hanya dapat menaikkan tegangan sampai dengan 20 Volt dengan sumber DC 12 volt [6][7].

Pada penelitian ini penulis menggunakan rangkaian elektronika daya *DC chopper* tipe *buck-boost* konverter dengan tegangan keluaran variabel. Tegangan Output yang dihasilkan bervariasi dengan output maksimal 228 volt dan output minimal 0,6 volt dengan input konstan 12 volt. Pada rangkaian *gate drive* berfungsi sebagai penguat sinyal PWM yang dihasilkan mikrokontroler arduino uno menuju *gate buck-boost* konverter. Dengan menggunakan teknik PWM dalam pengendalian *switching* pada rangkaian *buck-boost* konverter, maka nilai *duty cycle* dapat diatur untuk menentukan tegangan keluaran dari *buck-boost* konverter. Untuk mengetahui rancangan yang dibuat sudah sesuai dengan perhitungan, maka pada penelitian ini penulis melakukan simulasi rangkaian *buck-boost* konverter dengan beban tetap, dan beban bervariasi.

NON-INVERTING BUCK-BOOST KONVERTER

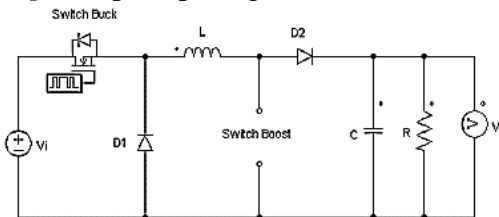
Rangkaian dengan penambahan saklar *switching* biasanya menggunakan satu *switch* semikonduktor (mosfet/igbt/transistor) untuk rangkaian ideal *buck-boost* (IBB), tetapi output yang dihasilkan IBB *inverting* sehingga polaritasnya berkebalikan dengan tegangan sumber. Untuk mengatasi itu dan juga perbaikan efisiensi sehingga ditambahkan satu *switch* lagi pada rangkaian *Non-inverting buck-boost* (NIBB) menggunakan dua buah *switch* untuk *buck* dan dua buah *switch* untuk *boost* seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Non Inverting Buck-boost Konverter

Mode Buck

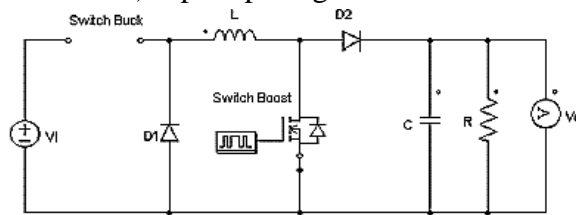
Pada mode *buck*, *switch buck* akan mendapat sinyal *switching* dari PWM1 *buck*, sedangkan *switch boost* mendapat sinyal *switching* PWM2 dengan nilai *duty-cycle* $(D) = 0$, sehingga *switch* akan *open* seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Non-inverting Buck-boost Konverter Mode Buck

Mode Boost

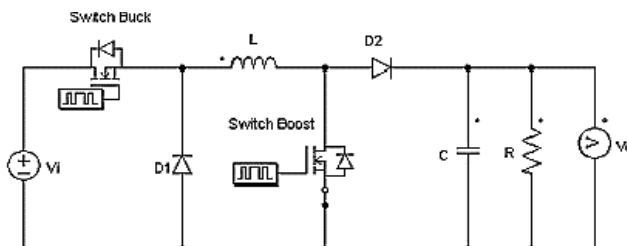
Pada mode *boost*, *switch boost* akan mendapat sinyal *switching* PWM2, sedangkan *switch buck* mendapat sinyal PWM1 (*duty-cycle*=1) dan selalu *close*, *switch* tertutup dan terbuka pada *switch* (*switch boost*) seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian Non Inverting Buck-boost Konverter Mode Boost

Mode Buck-Boost

Pada mode *buck-boost* ini kedua *switch* baik *buck* maupun *boost* mendapat sinyal *switching* PWM1 dan PWM2 seperti pada gambar 4.



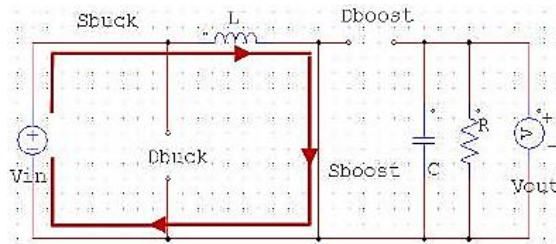
Gambar 4. Rangkaian Non-Inverting Buck Boost Konverter.

Switch buck dan *switch boost* ON (*closed*). Hal ini menyebabkan dioda *buck* (*D1*) bekerja *reverse-bias* sehingga arus akan mengisi induktor L (*charging*) dan arus induktor (I_L) naik sampai arus maksimum dari induktor. Analisa *switch* tertutup dapat dilihat pada gambar 5. Dengan rumus penurunan pada analisa *switch* tertutup seperti pada persamaan (1) sampai persamaan (3).

$$V_{in} = VL \quad (1)$$

$$V_{in} = L \times (di/Ton) \quad (2)$$

$$V_{in} = L \times (di/dt) \quad (3)$$

Gambar 5. Analisa *Switch* Tertutup

Rangkaian *buck-boost* dengan analisa *switch terbuka* terlihat pada gambar 6 dimana kedua *switch* untuk *buck* dan *boost OFF* (*open*). Sehingga kedua dioda *buck* dan *boost* bekerja *forward-bias* dan arus yang tersimpan pada induktor L akan menyuplai (*discharging*) ke beban. Dengan rumus penurunan pada saat mode saklar terbuka seperti pada persamaan (4) sampai (7).

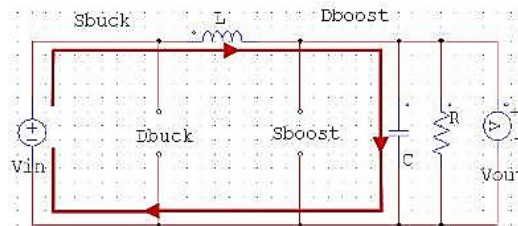
$$V_{out} = VL \quad (4)$$

$$V_{out} = L \times (di/T_{off}) \quad (5)$$

$$L di = V_{out} \cdot T_{off} \quad (6)$$

$$V_{out} = L \times (di/dt) \quad (7)$$

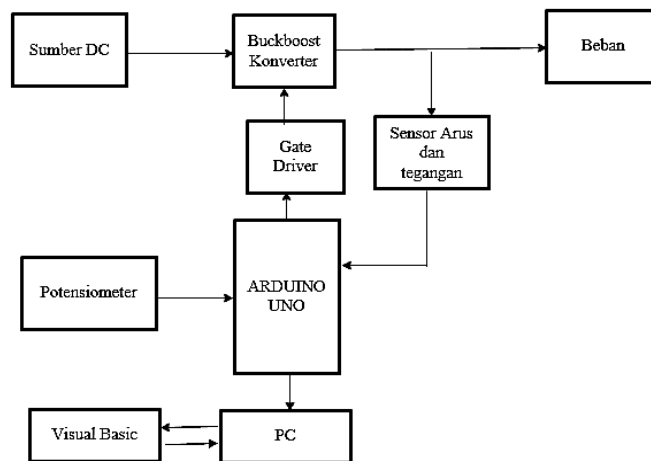
Pada mode *buck-boost* ini dapat menghasilkan tegangan output yang lebih rendah maupun lebih tinggi dari tegangan input. Dengan catatan, bila *duty cycle* PWM1 dan PWM2 sebagai *switching* lebih dari 50%, maka tegangan output akan lebih tinggi dari tegangan input. Apabila kurang dari 50%, maka tegangan output akan lebih rendah dari tegangan input.

Gambar 6. Analisa *Switch* Terbuka

METODE

Pada penelitian ini menggunakan *software* PSIM dalam melakukan simulasi untuk mendapatkan keluaran arus dan tegangan pada *buck-boost* konverter yang telah dirancang.

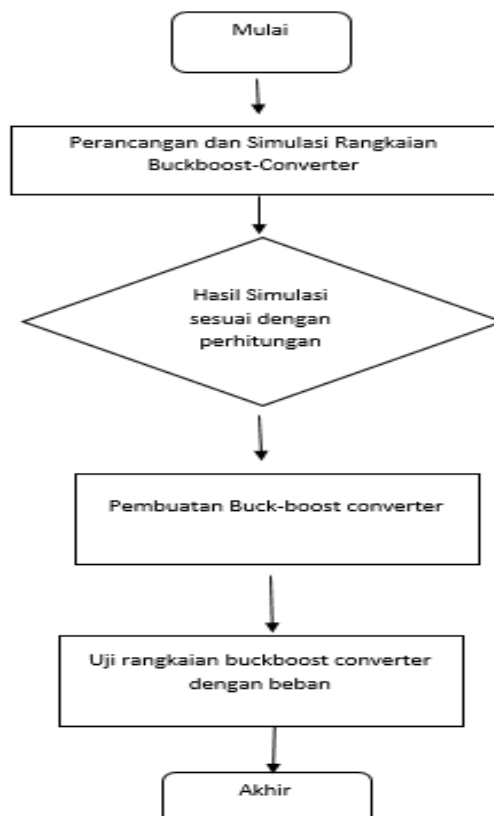
Blok Diagram Perancangan Sistem



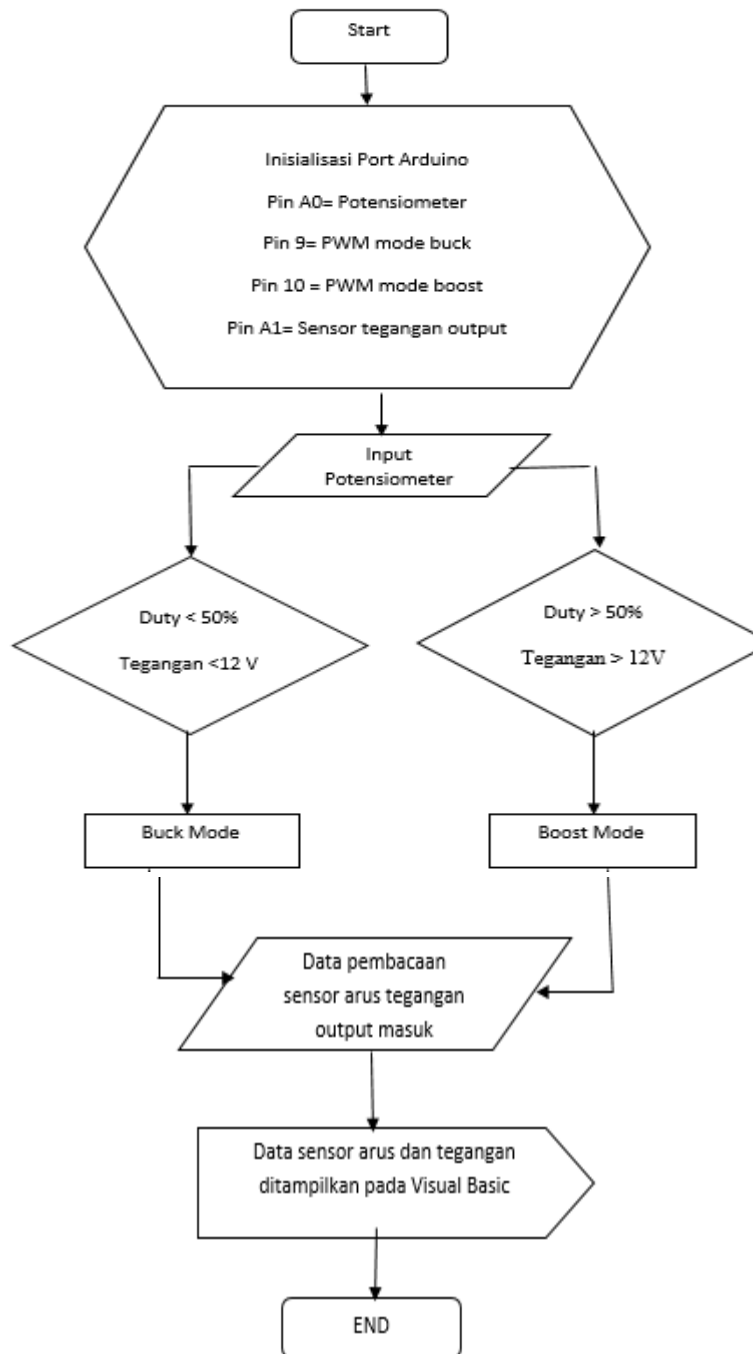
Gambar 7. Blok Diagram Sistem Keseluruhan

Pada gambar 7, terdapat blok diagram sistem keseluruhan dengan penjelasan sebagai berikut, Sumber 12 VDC masuk ke rangkaian *buck-boost* konverter. Mikrokontroler menghasilkan pwm untuk mengatur *switch* mosfet pada *buck-boost* konverter. Dari Arduino terhubung ke *gate driver* yang berfungsi sebagai penguat sinyal pada mosfet. Lalu sinyal keluaran *gate driver* dihubungkan ke mosfet. *Duty cycle* diatur oleh mikrokontroler melalui potensiometer. Sensor arus dan *voltage divider* mengirimkan sinyal ke mikrokontroler untuk menunjukkan arus dan tegangan yang mengalir pada keluaran *buck-boost* konverter dan monitoringnya digunakan *software visual basic*.

Langkah-langkah penelitian dalam perancangan *buck-boost* konverter dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Diagram Alir Penelitian

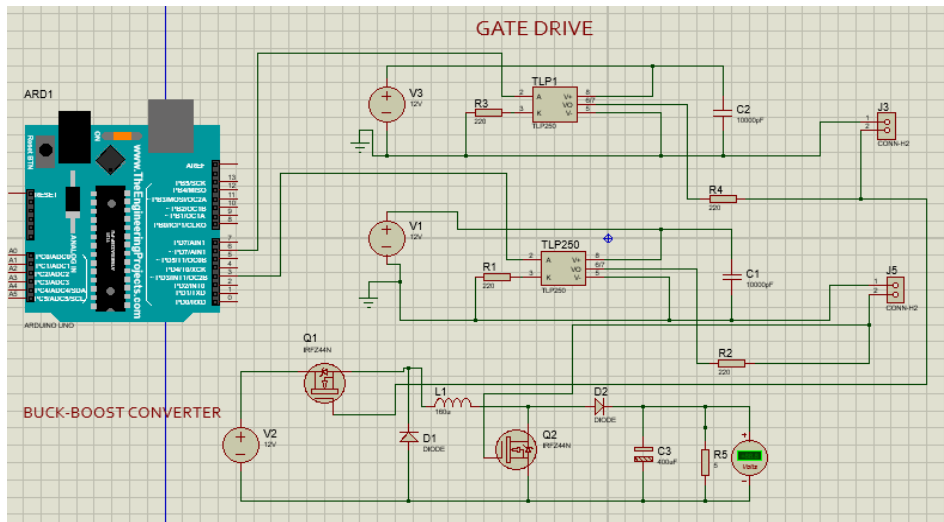


Gambar 9. Flowchart Kerja Sistem

Pada gambar 9, dijelaskan diagram alir kerja sistem. Dimulai dari *start*, lalu arduino melakukan inisialisasi port, setelah itu potensiometer diatur untuk mengatur *duty cycle*. Jika *duty cycle* dibawah 50% maka rangkaian akan menjadi mode *buck*, sedangkan saat *duty cycle* diatas 50% maka rangkaian akan menjadi mode *boost*, lalu data pembacaan sensor ditampilkan pada *visual basic*.

Perancangan *Buck-Boost* Konverter

Perancangan rangkaian keseluruhan *non-inverting buck-boost* konverter dapat dilihat pada gambar 10.



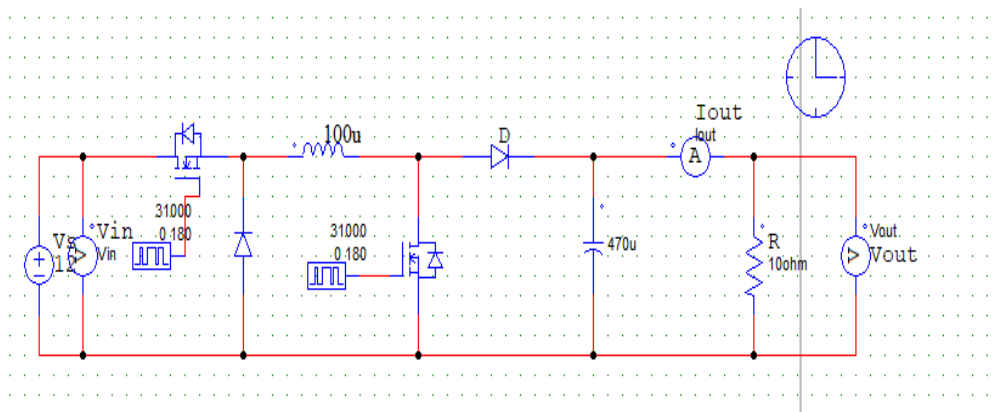
Gambar 10. Rangkaian Keseluruhan *buck-boost* konverter

Sinyal PWM keluaran dari Arduino masuk ke rangkaian *gate drive* sebelum dilanjutkan ke rangkaian *buck-boost* konverter. Pada rangkaian *gate drive*, sinyal keluaran arduino yang bernilai 5 volt dinaikan menjadi 15 volt yang diteruskan ke kaki *gate* Mosfet. Pengaturan nilai *duty cycle* dari arduino menggunakan potensiometer. Spesifikasi dari rangkaian *buck-boost* konverter dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Parameter *Buck-Boost* Konverter

Parameter	Nilai
V input	12 Volt
V output	0,6 Volt – 228 Volt
Siklus	5% -95%
Frekuensi	31kHz
Mosfet	IRF P460
Dioda	MUR460
Beban	10Ω

HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 11. Rangkaian *Non Inverting Buck-Boost* Konverter

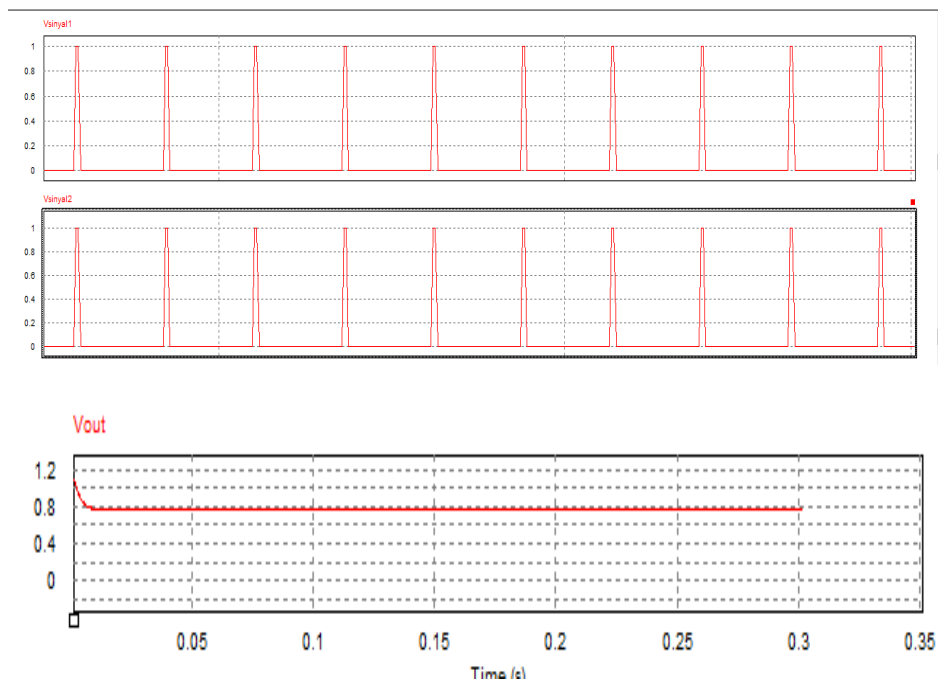
Hasil Perhitungan dan Simulasi Rangkaian *Buck-boost* Konverter

Pada Tabel 2, dapat dilihat hasil perbandingan antara hasil perhitungan dan hasil simulasi dari rangkaian buck-boost konverter yang telah dirancang.

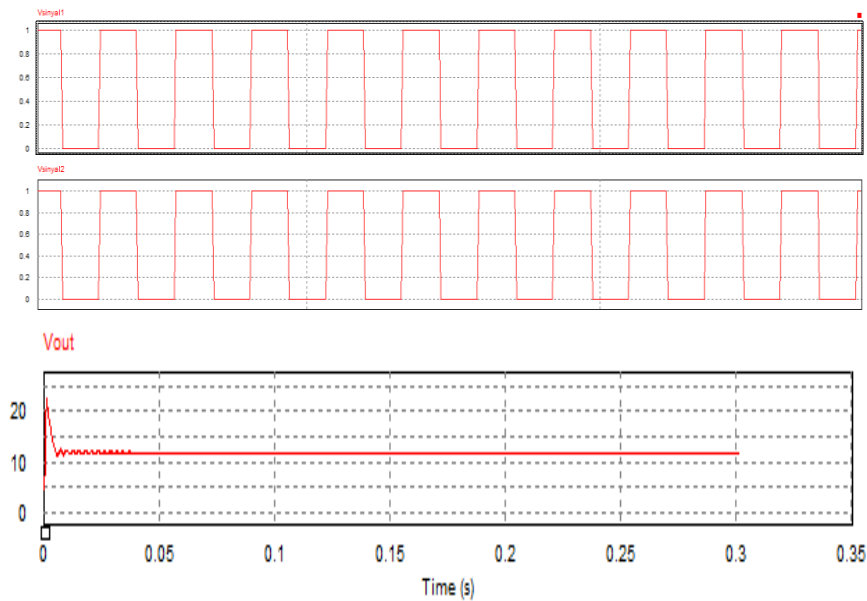
Tabel 2. Hasil Perhitungan *Buck-boost* Konverter.

Vin (Volt)	I in (mA)	Duty Cycle (%)	R (Ohm)	Vout Simulasi	I out Simulasi	Vout Perhitungan	I out Perhitungan
12	1,20	5	10	0,76 V	0,076 A	0,63 V	0,063 A
12	1,20	10	10	1,5 V	0,15 A	1,3 V	0,13 A
12	1,20	20	10	3,1 V	0,31 A	3 V	0,30 A
12	1,20	30	10	5,1 V	0,51 A	5,1 V	0,51 A
12	1,20	40	10	8,1 V	0,81 A	8 V	0,80 A
12	1,20	50	10	12,4 V	1,24 A	12 V	1,20 A
12	1,20	60	10	17,6 V	1,76 A	18 V	1,80 A
12	1,20	70	10	27,79 V	2,77 A	28 V	2,80 A
12	1,20	80	10	49,86 V	4,98 A	48 V	4,80 A
12	1,20	90	10	124,9 V	12,49 A	108 V	10,8 A
12	1,20	95	10	228,21V	22,82 A	228 V	22,80 A

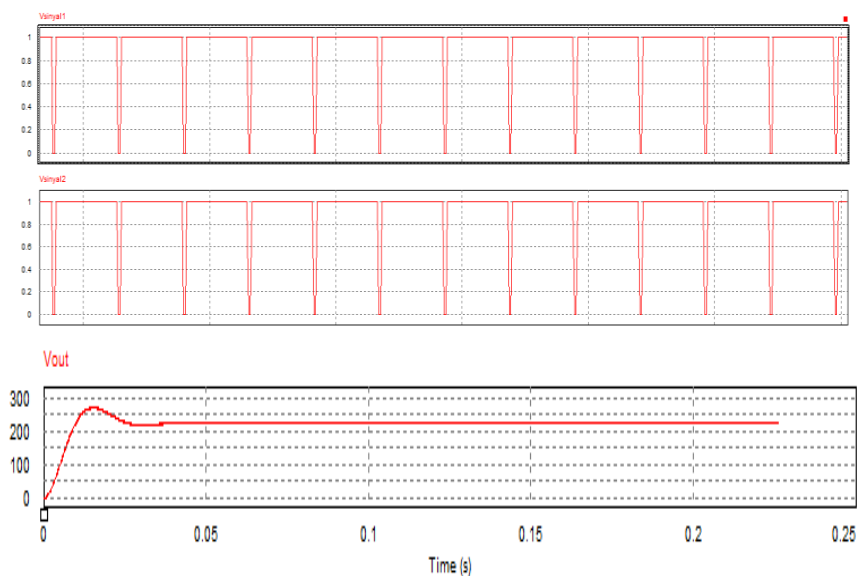
Bentuk sinyal keluaran *buck-boost* konverter dengan *duty cycle* 5%-95% dapat dilihat pada gambar 12.



(a)



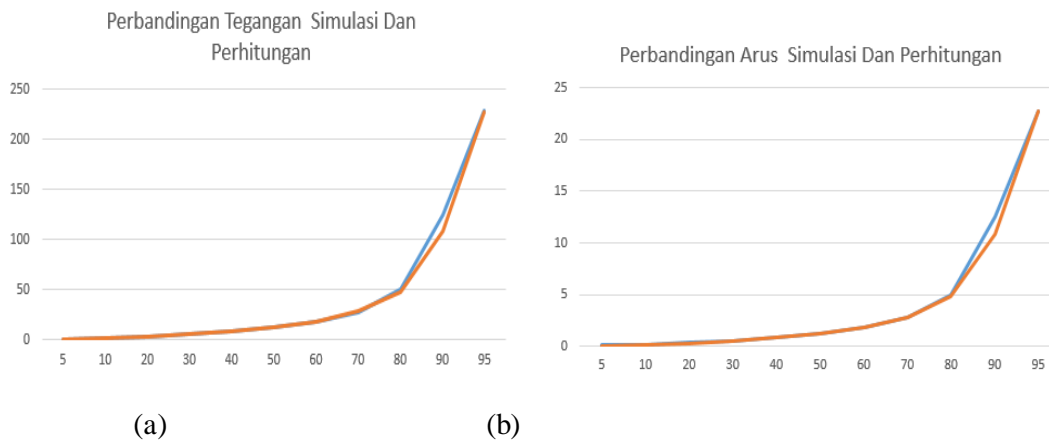
(b)



(c)

Gambar 12. Pengujian dengan PSIM (a) Duty Cycle 5%, (b) Duty Cycle 50%, (c) Duty Cycle 95%

Analisis dalam penelitian menggunakan analisis perbandingan antara teori dan simulasi. Perbandingan yang akan dianalisis yaitu perbandingan tegangan keluaran (V_{out}) dan arus keluaran (I_{out}) antara perhitungan dan simulasi dengan pengaruh *duty cycle* 5% sampai dengan *duty cycle* 95%. Perbandingan tegangan keluaran dengan perhitungan dapat dilihat pada gambar 13.



Gambar 13. Perbandingan Simulasi dan Perhitungan (a).Tegangan, (b) Arus

Dari hasil analisa perbandingan simulasi dan perhitungan dapat disimpulkan bahwa semakin besar *duty cycle*, maka tegangan dan arus keluaran semakin besar. Berdasarkan analisis perbandingan simulasi dan perhitungan pada *duty* 5% sampai 95%, *buck-boost* konverter menghasilkan keluaran yang bervariasi dan sesuai dengan perhitungan yang telah dirancang.

Simulasi *Buck-Boost* Konverter dengan Beban Bervariasi

Selanjutnya beban *resitive* divariasikan untuk memperoleh nilai-nilai beban resistif yang akan dijadikan beban pada saat pengujian alat.

Tabel 3. Simulasi *Buck-Boost* Konverter dengan Beban 100 Ohm

Vin (Volt)	I in (mA)	Duty Cycle (%)	R (Ohm)	Vout (Volt)	I out (Ampere)
12	1,20	5	100	1,7	0,017
12	1,20	25	100	9,4	0,096
12	1,20	50	100	23,8	0,2
12	1,20	75	100	63,4	0,6
12	1,20	95	100	358	3,58

Tabel 4. Simulasi *Buck-Boost* Konverter dengan Beban 220 Ohm

Vin (Volt)	I in (mA)	Duty Cycle (%)	R (Ohm)	Vout (Volt)	I out (Ampere)
12	1,20	5	220	1,8	0,0081
12	1,20	25	220	10,2	0,046
12	1,20	50	220	26	0,11
12	1,20	75	220	69,2	0,31
12	1,20	95	220	370	1,68

Tabel 5. Simulasi *Buck-Boost* Konverter dengan Beban 560 Ohm

Vin (Volt)	I in (mA)	Duty Cycle (%)	R (Ohm)	Vout (Volt)	I out (Ampere)
12	1,20	5	560	1,9	0,003
12	1,20	25	560	10,6	0,018
12	1,20	50	560	27,2	0,048
12	1,20	75	560	72,4	0,13
12	1,20	95	560	376	0,67

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan pada *buck-boost* konverter dengan beban 10 ohm, *error* simulasi <10%. Pada *duty cycle* 5% - 95% diperoleh bahwa nilai tegangan dan arus sesuai dengan perhitungan. Keluaran *buck-boost* konverter bervariasi mulai dari 0,6 volt sampai dengan 228 volt dengan arus dari 0,06 Ampere sampai 22 ampere. Variasi beban resistif juga berpengaruh terhadap tegangan dan arus pada simulasi sedangkan terhadap perhitungan secara teori tidak berpengaruh. Hal ini karena adanya pengaruh dari kapasitor, induktor dan dioda. Semakin besar beban resistif, maka semakin besar tegangan keluaran dan semakin kecil arus keluaran.

Untuk pengembangan, sistem ini dapat diimplementasikan dalam Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan juga bisa diimplementasikan untuk industri seperti pengontrolan motor dc, pengontrolan tegangan generator dan sebagainya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Jurusan Teknik Elektro karena sudah memberikan fasilitas dalam penelitian serta ucapan terima kasih kepada Kepala Labor *Renewable Energy* karena telah mengizinkan pemakaian ruangan sehingga perancangan dan pembuatan *buck-boost* konverter berjalan dengan baik.

REFERENSI

- [1] R. Moraliwa Akbar, I. Hidayat, and K. B. Adam, "Rancang Bangun Dan Implementasi Buck Boost Konverter Dengan Maximum Power Point Tracking Menggunakan Metode Perturb And Observe Design And Implementation Of Buck Boost Konverter With Maximum Power Point Tracking Using Perturb And Observe Method."
- [2] F. Wahid Azhari, "JTEV (JURNAL TEKNIK ELEKTRO DAN VOKASIONAL) Sistem Pengendalian Motor DC Menggunakan Buck Konverter Berbasis Mikrokontroler ATmega 328", [Online]. Available: <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/jtev/index>
- [3] A. Srilatha, M. Kondalu, and S. Ananthasai, "Non-Inverting Buck-Boost Konverter for Charging Lithium-Ion Battery using Solar Array," 2014. [Online]. Available: www.semargroup.org,
- [4] N. H. Sodikin *et al.*, "ELECTRICIAN-Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro Rancang Bangun Prototipe Emulator Sel Surya Menggunakan Buck Konverter Berbasis Arduino."
- [5] A. Lecturer, H. Suryoatmojo, M. T. Soedibjo, and M. Mt, "Bustanul Arifin NRP 2214105015 Design And Implementation Step-Up Constructed By Ky Konverter And Buck-Boost Konverter."
- [6] Z. Rahman and A. Premadi, *Perancangan Regulasi Tegangan Sel Surya Berbasis Buck-Boost Konverter*.
- [7] Aulia, Rizki, 2018. *Perancangan Buck-boost Konverter Berbasis Mikrokontroler* [Tugas Akhir]. Padang: Universitas Negeri Padang.

- [8] Fadhillah, Nurul. 2018. Perancangan Sistem AVR (*Automatic Voltage Regulator*) pada Generator Sinkron 3 Phase [Tugas Akhir]. Padang: Universitas Negeri Padang.
- [9] Putra, Febri Suryadi. 2018. Desain dan Implementasi *Buck* Konverter Dengan Pengendali PID [Tugas Akhir]. Padang: Universitas Negeri Padang
- [10] Prajaya, L. Wahyu Ilman. Penstabil Tegangan Generator Sinkron 3 Fasa 0,3 kW dengan Alat Bantu Pengaturan Tegangan Eksitasi Menggunakan *Boost* Konverter [Tugas Akhir]. NTB: Universitas Mataram
- [11] Fajar, Abdul. 2016. Peningkatan Kinerja Generator DC dengan Sistem Eksitasi Berbasis Arduino Uno R3 Menggunakan *Buck* Konverter dan PID [Skripsi]. Jember: Universitas Jember
- [12] M. Ashari, "Simulasi Double Buck Boost Konverter DC-DC Bidirectional Menggunakan PID Controller B-1 B-2," vol. 7, pp. 1–6, 2015.
- [13] R. H. G. Tan and L. Y. H. Hoo, "DC-DC konverter modeling and simulation using state space approach," in *2015 IEEE Conference on Energy Conversion, CENCON 2015*, 2015, doi: 10.1109/CENCON.2015.7409511.
- [14] H. Hermansyah, A. Komunitas, and I. Manufaktur, "Desain Dan Simulasi Kontrol Tegangan Output Boost Konverter Menggunakan Metode Fuzzy Logic Control (FLC)," no. November, 2019.
- [15] H. Do, "Single-Switch Buck Konverter with a Ripple-Free Inductor Current," pp. 507–511.
- [16] S. Ding and F. Wang, "A New Negative Output *Buck-boost* Konverter with Wide Conversion Ratio," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 64, no. 12, pp. 9322–9333, 2017, doi: 10.1109/TIE.2017.2711541.
- [17] A. L. Fithri *et al.*, "Desain Dan Karakterisasi Konverter Dc Ke Dc Berbasis Rangkaian *Buck-boost* Pada Sistem Maximum Power Point Tracking (Mppt) Design and Characterization of Dc To Dc Konverter Based Buck- Boost in Maximum Power Point Tracking (Mppt) System," vol. 5, no. 2, pp. 2314–2321, 2018.
- [18] S. Wibowo, M. Facta, and A. Nugroho, "Operasi Dc-Dc Konverter Tipe Cuk Dengan Mode Dcm & Ccm Dengan Transistor Sc2555 Sebagai Saklar," no. Ccm.
- [19] P. Surya, "Rancang Bangun *Buck-Boost* Konverter Sebagai Regulator Tegangan Keluaran Pada Panel Surya."
- [20] J. T. Elektro, F. T. Industri, and U. I. Indonesia, "Rancang Bangun Konverter Buck Boost," 2018.